Problématique de la qualité des eaux souterraines au Québec

par

Claude Grenier, ing.

Les Consultants H.G.E. Inc.

15 juin 1989

Rapport préparé pour
le groupe du rapport sur l'état de l'environnement,
Environnement Canada

(Christian Pupp, coordinateur)

Table des matières

1. Introduction 1

1.1 Portée du mandat H.G.E. inc 1
1.2 Importance des eaux souterraines au Québec 1

2. Problématique de la qualité des eaux souterraines: un aperçu général 3

2.1 Sources majeures de contamination 4
2.2 Sources mineures de contamination 5

3. Description sommaire des principales sources de contamination qui menacent la qualité des eaux souterraines au Québec 6

3.1 Lieux d'élimination des déchets industriels et municipaux 6
3.1.1 Déchets industriels 6
3.1.1.1 Cas de Ville-Mercier 8
3.1.1.2 Cas des déchets miniers 9
3.1.1.3 Cas des déchets radioactifs 11
3.1.2 Déchets municipaux 11
3.2 Activités agricoles 14
3.2.1 L'usage des pesticides 14
3.2.1.1 Cas de l'aldicarbe 14
3.2.2 L'usage des engrais, fumiers, lisiers 15
3.3 Déversements accidentels et fuites de réservoirs enfouis 16
3.3.1 Statistiques et généralités 16
3.3.2 Cas des Mines Gaspé 17
3.3.3 Cas de Saint-Eustache 18
3.3.4 Cas de Haldimand 18

3.4 Problèmes d'origine naturelle 19
3.4.1 Les métaux lourds 19
3.4.2 L'eau salée 19

3.5 Description de régions spécifiques 20
3.5.1 Le delta du Saint-Maurice: un aquifère vulnérable 20
3.5.2 Les grès rouges des Iles-de-la-Madeleine: source unique d'approvisionnement en eau 21
3.5.3 Les eskers de l'Abitibi: une ressource à protéger 22

ANNEXE

- Organismes québécois qui oeuvrent dans le domaine de l'eau

Problématique de la qualité des eaux souterraines au Québec

1 Introduction

1.1 Portée du mandat H.G.E. Inc.

Le mandat confié par Environnement Canada à la firme H.G.E. Inc. visait à décrire la qualité des eaux souterraines au Québec. Cette description, telle que précisée au devis technique, devait mettre l'accent sur les sources réelles ou potentielles de contamination, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropogénique.

Le travail consistait essentiellement à compiler et à faire la synthèse des données disponibles, aussi le contenu du présent rapport est-il basé principalement sur ces données recueillies auprès de différents organismes et personnes-ressources (Voir liste en annexe) de même que sur les connaissances personnelles du consultant.

1.2 Importance des eaux souterraines au Québec

Selon les statistiques les plus récentes disponibles,(31)* 19 pour cent de la population québécoise (1 260 000 personnes) s'alimentent en eau souterraine soit par un réseau communautaire, soit par puits individuels, ce qui correspond à environ 65 pour cent des municipalités dont la population, pour la plupart, est inférieure à 5 000 personnes. (Voir tableau I)

Tableau I: Nombre et pourcentage des municipalités alimentées entièrement ou en partie par eau souterraine.

Municipalités	Nombre	%
Avec réseau communautaire	458	(28%)
Sans réseau	603	(37%)
Mixte avec réseau	67	(4%)
Total	1631	(100%)

* Les chiffres entre parenthèses sont une référence à la bibliographie à la fin du rapport.

Le tableau 2 fournit le nom, la population desservie et la consommation

journalière moyenne en eau de 10 municipalités importantes du Québec dont le réseau d'aqueduc est alimenté par eau souterraine.

Tableau 2: Municipalités importantes alimentées par eau souterraine

Nom de la municipalité	Population desservie (chiffre arrondi)	Consommation journalière moyenne en m^3/j
Beauport	65 400	33 600
Châteauguay et environs	50 000	31 400
Rimouski incluant Pte-au-Père, Rimouski-est, St-Anaclet	42 000	23 600
Cap-de-la-Madeleine	35 000	15 500
Val D'Or	24 000	23 400
Trois-Rivières-Ouest	15 000	8 400
Val-Bélair	14 000	4 800
Matane	14 000	11 400
Amos	11 000	5 800
Saint-Félicien	9 000	6 800

On évalue la quantité d'eau souterraine disponible dans la partie habitée du Québec à 200 km^3. Une faible partie de cette eau comprise dans les 100 premiers mètres du terrain est utilisée pour divers besoins.

Le nombre de rapports de forage transmis annuellement au ministère de l'Environnment du Québec (MENVIQ) a beaucoup varié avec les années, atteignant un maximum de 1,2 km^3 pour ensuite diminuer graduellement jusqu'à 0,5 km^3 pour les dernières années comptabilisées. La consommation d'eau souterraine peut être répartie de la façon suivante:

Tableau 3: Consommation selon les usages

Usages	Consommation (km^3/an)	Pourcentage du total
Domestique:	0,24 km^3/an	(47%)
Agricole: (pisciculture)	0,17 km^3/an	(33%)
Agricole:(bétail, irrigation)	0,07 km^3/an	(14%)
Autres usages (industrie, climatisation, eaux embouteillées, pompe à chaleur):	0,03 km^3/an	(6%)
Total:	0,51 km^3/an	(100%)

L'importance des eaux souterraines au Québec peut également être évaluée sur la base du nombre de puits existants. La banque de données informatisée du Ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ) contient quelque 100 000 rapports de forage. On évalue le nombre de puits existants à plus de 250 000 dont la grande majorité servent à l'alimentation en eau potable de 145 000 propriétés rurales et aux chalets de citadins équipés d'un puits.

2 Problématique de la qualité des eaux souterraines: Un aperçu général.

Mises à part certaines régions des basses-terres du Saint-Laurent et de la cuvette du Lac St-Jean où l'on observe des eaux très minéralisées, les eaux souterraines du Québec sont d'excellente qualité selon les normes de l'eau potable de Santé et Bien-Etre Canada et du règlement sur l'eau potable du MENVIQ (41,62).

Cependant, de par la nature même des aquifères qui présentent divers degrés de vulnérabilité, l'eau souterraine de certaines régions du Québec est menacée de contamination. A chaque année des cas de dégradation de la qualité de l'eau sont rapportés. Il s'agit en général de conditions géologiques défavorables où l'aquifère est en contact direct avec la surface ou n'a pas de couvert protecteur (argile) suffisamment épais pour empêcher les polluants de s'infiltrer jusqu'à l'horizon aquifère sous-jacent. Les sables de terrasses le long des cours d'eau anciens ou actuels, les sables d'alluvions, les sables deltaïques à l'embouchure des principales rivières, les eskers, les aquifères de roche en place fissurée dont l'aire de réalimentation est affleurante et dont le pouvoir épurateur est faible sont les principales formations géologiques à fort

potentiel aquifère mais vulnérables à la contamination.

Il faut souligner le problème particulier des aquifères côtiers où des pompages incontrôlés peuvent provoquer une intrusion d'eau salée. Aux Iles-de-la-Maleleine, les conditions hydrogéologiques sont bien connues et des efforts considérables sont fait en vue d'une saine gestion de l'aquifère (voir section 3.5.2).

Enfin, la construction déficiente des puits, en particulier ceux qui captent des nappes phréatiques peu profondes, peut être une cause de contamination bactériologique de vl'eau potable dans les régions où l'approvisionnement se fait par puits individuels.

Il est difficile de porter un jugement définitif sur l'importance relative des différentes sources de contamination qui menacent la qualité des eaux souterraines au Québec; certaines d'entre-elles peuvent être sous-estimées parce qu'elles sont encore peu connues.

2.1 Sources majeures de contamination

Les données disponibles placent cependant en tête de liste des sources de contamination, l'élimination des déchets liquides et solides des secteurs municipal et industriel: enfouissements sanitaires, fosses septiques, boues d'usine d'épuration et d'étangs d'oxydation, dépotoirs à neige, parcs à résidus miniers et autres lieux d'élimination de déchets dangereux. De nombreuses recherches visent à valoriser les boues et les déchets miniers, (13, 24, 40, 46). Cependant, il semblerait que les solutions idéales soient à venir.

Les lieux d'élimination des déchets sont sélectionnés sur la base d'étude effectuées selon les règles de l'art, cependant il faudrait porter une attention particulière au suivi de l'opération des lieux.

L'usage abusif d'engrais et de pesticides est également une cause importante de dégradation de la qualité des eaux souterraines en particulier si la méthode et la période d'épandage sont inadéquates. L'identification et la publication des caractéristiques des pesticides à risque seraient importantes.

Il faut souligner comme source importante de contamination l'épandage de lisier sur des superficies trop restreintes. Là également plusieurs études sur la valorisation des liziers ont été réalisées ou sont en cours de réalisation (29).

À chaque année, des déversements accidentels sont signalés par les

Directions régionales du MENVIQ et certains affectent localement la qualité des nappes peu profondes. La gravité du problème est fonction de la vulnérabilité des terrains, de la mobilité et de la persistance des produits déversés, de la présence de captages d'eau potable dans le secteur du déversement et enfin de la vitesse d'intervention des personnes impliquées. A ce problème se rattache celui des réservoirs enfouis dont un pourcentage important laissent échapper une partie de leur contenu après 15 ou 20 ans d'usage. Une nouvelle législation permettra de mieux cerner l'ampleur de ce problème et d'envisager des solutions pertinentes (47).

2.2 Sources mineures de contamination

Les développements domiciliaires ruraux, dont l'approvisionnement en eau et l'élimination des eaux usées se fait sur une base individuelle, constituent un milieu propice à la contamination de la nappe souterraine peu profonde et de l'eau potable en particulier si la superficie des terrains individuels est insuffisante pour permettre une localisation sécuritaire du puits et de la fosse septique. Le danger est d'autant plus élevé que la nappe est près de la surface et que la construction des puits laisse à désirer. Les eaux qui s'infiltrent jusqu'à la nappe phréatique sont riches en phosphates en nitrates et en microorganismes pathogènes. Elles peuvent contenir des détergents, des restes de diluants à peinture et de pesticides qui même en faibles quantités peuvent contaminer l'eau potable souvent captée à faible profondeur.

L'entretien des pelouses par une firme spécialisée est de plus en plus populaire. Cette nouvelle mode peut devenir une source de contamination de la nappe souterraine en terrain vuinérable si le contrôle de la quantité de pesticides et d'engrais utilisée n'est pas adéquat.

Malgré la quantité imposante de sels déglaçants utilisés sur les routes principales du Québec, il ne semble pas que ce soit un problème majeur pour la qualité de l'eau des aquifères sous-jacents. (Les épandages sont plus faibles à proximité des routes secondaires où se situent les habitations et les puits). La teneur en sels dissous peut augmenter localement mais rarement dépasser la norme de 250 mg/l (25, 36). Il faut souligner que l'impact de la "douche salée" se fait à la fonte du printemps, au moment où la quantité importante d'eau disponible pour l'infiltration dilue considérablement les eaux riches en sels. Selon un représentant de Transport Québec (commentaire verbal), le problème de dégradation de la qualité de l'eau souterraine par les sels déglaçants proviendrait surtout des aires d'entreposage vétustes. Le MTQ effectue des études hydrogéologiques suite à des plaintes de citoyens et si la contamination est démontrée, les puits contaminés sont remplacés.

En 1987, une enquête du MENVIQ a révélé que certaines pompes submersibles fabriquées entre 1964 et 1978 et dont le moteur est refroidi à l'huile

contenant des BPC pourraient être une source de contamination de l'eau potable. L'échantillonnage s'étant avéré insuffisant, il fut recommandé de poursuivre les recherches (22, 35).

3 Description sommaire des principales sources de contamination qui menacent la qualité des eaux souterraines au Québec

3.1 Lieux d'élimination des déchets industriels et municipaux

3.1.1 Déchets industriels

Le Groupe d'étude et de restauration des lieux d'élimination de déchets dangereux (GERLED) (l'appellation actuelle de ce groupe est: Groupe de Gestion des lieux contaminés) a produit en 1984 un inventaire des lieux d'élimination de déchets dangereux au Québec (5,9). Sa mission était d'identifier et de caractériser tous les lieux ayant potentiellement reçu des déchets dangereux (incluants des lieux d'élimination de déchets municipaux) et d'établir des priorités de restauration. Sur les 1091 lieux inventoriés, 326 ont été retenus et classifiés en 3 catégories selon le danger pour la santé publique et l'environnement. La catégorie I qui présente un potentiel élevé de risque pour l'environnement et un risque pour la santé publique comprend 64 sites. La catégorie II présente un potentiel de risque moyen pour l'environnement et/ou un faible potentiel de risque pour la santé publique: 98 lieux y ont été classifiés. Un total de 164 lieux ont été intégrés à la catégorie III qui présente un faible potentiel de risque pour l'environnement mais aucun pour la santé publique.

GERLED-Eau potable assure un suivi environnemental de 81 lieux à l'aide de 276 stations de prélèvement d'échantillons dont 72 stations présentent des résultats qui dépassent les normes de qualité pour l'eau potable (9). Par exemple, les bassins de boues rouges de l'Alcan à Laterrière (fluorures et phénols), et l'enfouissement sanitaire de Ste-Cécile-de-Milton (arsénic, mercure) font l'objet d'une surveillance particulière.

Le rapport de GERLED sur la caractérisation des lieux d'élimination de déchets dangereux identifie 28 cas (autres que terrils miniers) ayant un impact réel ou potentiel sur la nappe souterraine: 2 en Estrie, 19 à Montréal et les environs, 1 dans l'Outaouais, 2 en Abitibi-Témiscamingue et 4 sur la côte-Nord, dans la région de Sept-Iles. Il faut souligner les cas d'élimination de sables de fonderie (6 cas) contaminés par les phénols et les métaux lourds, de boues de clarificateurs des usines de pâtes et papier (3 cas) contenant des métaux lourds et des matières organiques et enfin de déchets contenant des huiles usées, des solvants et autres produits toxiques.

Dans la plupart des cas, il faut mentionner que malgré le danger potentiel de contamination des eaux souterraines, l'absence de puits dans les environs des lieux d'élimination diminue de beaucoup les risques pour la santé publique.

Environ 200 000 T de déchets dangereux sont transportés annuellement au Québec soit vers les deux principaux centres d'élimination (Stablex et Tricil) soit vers Senneterre ou encore vers le port de Montréal pour transport à l'étranger. Les risques de contamination de la nappe souterraine proviennent des déversements accidentels et des erreurs de manipulation.

Le centre Stablex, sis à Blanville, à quelques kilomètres au nord de Montréal, traite surtout des déchets inorganiques (sol contaminés, métaux lourds, etc..) mais également des déchets organiques; son rythme de croisière se situe à quelque 100 000 T/an. Les déchets sont solidifiés dans un mélange pouzzolane-ciment et enfouis sur place dans un sol peu perméable (4).

Le centre Tricil sis à Ville-Mercier à quelques kilomètres de Montréal, sur la rive sud du Saint-Laurent, traite par incinération 30 000 à 40 000 T/an de résidus liquides organiques (huiles, solvants, etc..) (4).

Le cas des BPC est spécial. Pour des concentrations inférieures à 10 000 mg/l, les BPC peuvent être traités sur place par une unité mobile; 5 ou 6 compagnies spécialisées, provenant en partie de l'extérieur du Québec, sont équipées pour faire ce travail. Une étude en cours évalue la possibilité de détruire les BPC dont la concentration est inférieure à 1000 mg/l dans les cimenteries dont les fours peuvent atteindre des températures suffisantes. Pour l'instant, l'entreposage sécuritaire est la solution, en particulier à Senneterre en Abitibi. Les BPC peuvent aussi être acheminés vers le port de Montréal d'où ils sont transportés en Angleterre pour destruction.

Les raffineries produisent de fortes quantités d'eaux usées contaminées par les huiles et graisses (225 T/an en 1985), les phénols (10 T/an), l'azote ammoniacal (91 T/an, des solides dissous et en suspension (781 T/an) et des sulfures (1,8 T/an). Certaines de ces eaux sont alcalines, d'autres acides.

Dans le passé, les raffineries éliminaient leurs boues huileuses provenant du procédé de raffinage en les enfouissant dans les bassins creusés à même le sol ou tout simplement en les épandant sur le sol. Ces rejets d'eaux usées et de boues dans l'environnement de même que certains déversements accidentels d'hydrocarbures dans les aires de procédé et de réservoirs ont pu être une source de contamination de la nappe phréatique (4, 10) si les terrains utilisés étaient vulnérables. A titre d'exemple, les raffineries sises à Montréal Est ont épandu des boues huileuses sur un terrain ou la roche en place fissurée est à faible profondeur occasionnant une contamination locale de la nappe souterraine.

Les eaux pluviales et les eaux de procédés des raffineries sont maintenant réglementées et dirigées vers une station d'épuration avant d'être rejetées dans l'environnement (communication verbale).

3.1.1.1 Cas de Ville Mercier (37)

Le cas de Ville-Mercier sis à 20 km de Montréal sur la rive sud du fleuve, mérite une attention spéciale. De 1968 à 1972, environ 40 000 m^3 de déchets liquides ont été déversés dans une gravière abandonnée. Une partie des déchets ont été brûlés et en 1980 la gravière a été nettoyée et les déchets traités ont été enfouis dans un site à fond argileux sis à 500 m de la gravière. En 1983 des travaux ont été entrepris pour contrôler la contamination qui s'étendait sur une superficie de 30 km^2 et affectait les formations de gravier et le roc fracturé sous-jacents. Le but de l'opération de décontamination était de créer par pompage un piège hydraulique pour empêcher la contamination de progresser et d'aménager une usine de traitement des liquides contaminés extraits du sous-sol. Par pompage on évaluait que le renouvellement de cinq (5) fois le volume de liquide contenu dans la zone très contaminée serait nécessaire pour que la nature puisse compléter la restauration. Aujourd'hui, après cinq (5) ans d'opération de l'usine, on réalise que seulement un faible pourcentage des polluants ont été extraits du sous-sol. Ces derniers sont considérés comme des liquides denses et non aqueux qui laissent sur place des "ganglions" collés aux pores et aux fractures et qui ne peuvent être nettoyés par lessivage sous la simple action d'un pompage. L'étude se poursuit et il semble que la restauration devra prévoir l'élimination des ganglions par d'autres méthodes telles que l'excavation du sol, le confinement "in situ" l'injection de vapeur, l'usage de solvants ou de surfactants et la biodégradation. Jusqu'à présent, aucune de ces méthodes, à part l'excavation, n'a prouvé son efficacité à l'échelle du terrain.

Plusieurs autres cas (Ville Lasalle, Napierville) pourraient être cités à titre d'exemple de contamination de la nappe phréatique reliée à l'activité industrielle, le lecteur intéressé pourra se référer aux dossiers et aux personnes-ressources du MENVIQ, Direction des substances dangereuses pour de plus amples informations.

3.1.1.2 Cas des déchets miniers

Les publications relatives à l'impact des déchets miniers sur la qualité des eaux souterraines sont relativement peu nombreuses au Québec. Des recherches de niveau universitaire sont réalisées à l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue sur ce sujet (26). Les déchets miniers sont les matériaux résiduels après que les

minéraux économiques ont été extraits. Il s'agit de boues constituées d'eau et de particules finement grenues et contenant des substances toxiques qui habituellement sont véhiculées vers des parcs à déchets au moyen de pipeline. L'addition continuelle d'eau à la partie supérieure du dépôt est la cause de la formation d'un lixiviat contaminé par les métaux et les substances chimiques de procédés qui percole vers le bas et qui peut éventuellement atteindre la nappe phréatique et les eaux de surface des environs si les conditions hydrogéologiques sont favorables. A long terme, le problème vient du fait que l'eau qui s'infiltre à travers les résidus contenant plus de 1 pour cent de minéraux sulfureux devient de plus en plus acide au contact de l'oxygène de la zone vadose occasionnant ainsi la mise en solution de métaux (mercure, cuivre, plomb, zinc, cadmium, arsénic) qui se retrouvent en fortes concentrations dans le lixiviat.

On a identifié au Québec quelque 100 parcs à déchets miniers couvrant 8000 ha. et qui reçoivent annuellement environ 140 000 000 m^3 de résidus solides et produisent quelque 30 000 000 m^3 de lixiviat à faible pH et à forte teneur de métaux lourds qui peuvent sous certaines conditions se retrouver dans la nappe souterraine. Le problème des terrils des mines d'amiante est particulièrement crucial à cause de leur volume et de la superficie occupée (2 500 ha), cependant l'impact sur les eaux souterraines, bien que peu connu, ne semble pas important (4).

On retrouve des parcs à déchets miniers dans plusieurs régions du Québec, cependant c'est en Abitibi qu'ils sont les plus nombreux. Le rapport du GERLED (10) mentionne de nombreux cas où le potentiel de contamination de la nappe souterraine est élevé et quelques cas de contamination réelle, cependant l'éloignement des puits d'eau potable élimine habituellement les risques pour la santé publique.

Le rapport du GERLED (10) regroupe les parcs à déchets miniers de l'Abitibi par secteur dont 6 présentent un potentiel de contamination de la nappe souterraine dû à la présence de sulfures et du phénomène d'acidification et de mise en disponibilité de métaux (mercure, cuivre, plomb, zinc et cadmium): secteur du lac Renaud à Arntfield (10 ha), secteur du lac Duparquet, secteur de la rivière Kinojévis (8.5 ha), secteur du lac Malartic (30 ha), secteur de la rivière Bourlamaque et du lac Blouin près de Val D'Or (650 ha) et enfin secteur de la rivière Desmeloizes (71.5 ha)

Le secteur du lac Blouin et de la rivière Bourlamaque mérite une attention spéciale à cause de son étendue et de ses 10 parcs à déchets sis dans les bassins des rivières Senneville, Bourlamaque, Colombière, Langlade, Laverdière et Sabourin et du ruisseau Stabell. Les eaux et les sédiments de ces cours d'eau et des lacs qui y sont reliés sont contaminés par les métaux lourds, du cyanure et du thiocyanate.

Le parc Green Stabell contamine fortement en mercure et en zinc les

sédiments du lac Stabell qui se déverse dans le lac Blouin, cependant la contamination ne semble pas avoir encore atteint ce dernier. Le lac Blouin est le point central de tout ce bassin de drainage. Les puits de Val D'Or captent quelque 24 000 m^3/j de l'eau d'un esker qui longe la rive est du lac Blouin. Une contamination des eaux de ce dernier pourrait éventuellement affecter la qualité de l'approvisionnement en eau de cette municipalité.

3.1.1.3 Cas des déchets radioactifs (4,10)

L'énergie nucléaire est peu importante au Québec, elle compte pour seulement 2 pour cent de la puissance totale disponible. Le Québec ne possède pas de mines d'uranium ni d'usine de transformation de l'uranium.

L'unique centrale nucléaire, Gentilly II est l'objet d'une surveillance continue de l'eau, de l'air et des sols environnants. Selon Hydro-Québec, le cheminement des radioéléments (eau tritiée) vers la nappe phréatique peut se faire via l'air, la pluie, le sol et les eaux de ruissellement. Jusqu'à présent, le degré de contamination est négligeable à tous les points de vue.

Le combustible usé de Gentilly est stocké à sec dans des silos de béton sis dans un édifice à l'épreuve des intempéries. La radiation est négligeable à l'extérieur de l'enceinte de confinement et la contamination des eaux souterraines est négligeable.

Quelques parcs à résidus miniers (St-Lawrence Columbium d'Oka, Niobec de Saint-Honoré, parc Hilton du canton Bristol et Mine du Nouveau Calumet du canton Grand Calumet) contiennent des déchets légèrement radioactifs, cependant, aucun cas n'a été rapporté où la contamination du sol ou de l'eau était un risque pour la santé publique.

3.1.2 Déchets municipaux

Les lieux d'élimination des déchets solides autorisés par le MENVIQ sont de quatre (4) catégories: enfouissements sanitaires (73), dépôts en tranchée (242), dépôts de matériaux secs (35) et incinération pour les régions de Montréal et Québec. Des usines de récupération (verre, plastic, papier, métaux) existent dans les régions de Montréal et de l'Abitibi (52, 53); ces usines diminuent faiblement le volume de déchets à éliminer.

En général, les lieux d'élimination de déchets solides sont adéquatement localisés grâce à des études qui garantissent des conditions propices à ce genre

d'activité. Cependant, un suivi adéquat de l'exploitation de ces lieux n'est pas toujours assuré ce qui à long terme pourrait affecter l'intégrité des nappes souterraines.

Les lieux d'élimination de déchets municipaux mentionnés au rapport GERLED (10) révèlent que la nappe souterraine est souvent affectée (Saint-Etienne-des-Grès) et plus nombreux encore sont les cas où les risques de contamination sont élevés (Sainte-Cécile-de-Milton, Sainte-Sophie), cependant les cas (Saint-Gédéon, Sainte-Julie) où la présence de puits d'eau potable occasionne un risque pour la santé publique ne sont pas nombreux.

L'élimination des eaux usées des municipalités se fait soit dans des stations d'épuration classiques, soit dans des étangs d'oxydation à ciel ouvert, ou encore dans des fosses septiques individuelles.

Il existe environ 500 étangs d'oxydation au Québec (communication verbale) dans lesquels les pertes par exfiltration pourraient atteindre 20 pour cent, ce qui pourrait être une cause de modification de la qualité des eaux souterraines dans les régions vulnérables.

En milieu rural, les eaux usées sont la plupart du temps éliminées à l'aide de fosses septiques reliées à un champ d'infiltration. Une extrapolation à partir de chiffres disponibles en Ontario permettrait d'évaluer à quelque 350 000, le nombre de fosses septiques au Québec.

Les boues de fosses septiques, représentent quelque 6000 T/an qui doivent être éliminées ou valorisées. Une fosse septique réduit de 75 pour cent le volume original des déchets, mais une filtration additionnelle des eaux résiduelles par un sol adéquat est nécessaire. L'élimination des eaux usées par fosses septiques sur des terrains perméables à superficie restreinte occasionne souvent une contamination de l'eau souterraine par les bactéries, par les nitrates, par les phosphates et à l'occasion par des substances chimiques issues de produits d'usage domestique versés à l'égoût tels les restes de solvants, de détergents et de pesticides. Cela est particulièrement vrai si l'épaisseur des dépôts meubles au-dessus de la roche en place fissurée est insuffisante.

Les boues résultants du traitement des eaux usées municipales dans les stations d'épuration conduiront à la production de 22 kg de matières sèches/personne/an, soit 115 000 T/an à l'échelle du Québec dont 58 000 T seront incinérées à Montréal et à Québec. Les cendres d'incinération sont considérées comme déchets dangereux et éliminées comme telles. Environ 50 pour cent des boues produites peuvent être soit éliminées dans les lieux d'enfouissement sanitaire soit utilisées à des fins agricoles par épandage. Dépendant de la nature des sols où elles

sont enfouies ou épandues, le lessivage de ces boues, en particulier par des pluies acides, peut porter atteinte à la qualité des eaux souterraines par la mise en solution de nutriments, de composés organiques et de métaux (32, 38).

L'élimination de la neige peut également être une source de contamination pour l'environnement et la nappe souterraine. Selon des statistiques de 1983, 250 à 300 villes du Québec éliminent plus de 30 000 000 m^3 de neiges usées dont 64 pour cent dans 470 dépôts terrestres (4). La neige provenant du déblaiement des rues contient des métaux, des chlorures, des composés d'azote, des huiles et graisses et certains composés organiques. En terrain sablonneux ou sur un roc fracturé, la neige fondante peut entraîner une contamination de la nappe souterraine. A titre d'exemple, les puits filtrants qui alimentent le Centre Hospitalier Robert Giffard à Beauport, sont aménagés à quelques centaines de mètres en aval d'une carrière (Verreault-Frontenac) où sont déversées les neiges usées municipales. Une expertise est en cours par la Direction régionale du MENVIQ à Québec (communication verbale). Des analyses de l'eau des puits effectuées en 1983 et 1987 ont révélé une légère augmentation des chlorures de 12 mg/l à 17 mg/l, ce qui démontre que l'influence ne s'était pas encore fait sentir à cette époque.

Il ne semble pas que les fuites de réseaux d'égoût soient une source importante de contamination des eaux souterraine (d'après une consultation auprès de 2 directions régionales du MENVIQ). Par contre, la plupart des agglomérations sans réseau d'égout et alimentées par puits individuels présentent de nombreux cas de contamination par les eaux usées de fosses septiques. Une enquête récente de la Direction des eaux souterraines et de consommation du MENVIQ démontre une contamination bactériologique pouvant atteindre 50 pour cent des puits échantillonnés.

La qualité des installations septiques des chalets laisse souvent à désirer. Sur un total de 23 214 chalets inventoriés, près de 57 pour cent avaient une installation septique possédant des vices de construction et qui contribuaient indirectement ou occasionnellement à la contamination; 25 pour cent contribuaient d'une façon évidente à la pollution.

3.2 Activités agricoles

3.2.1. L'usage des pesticides

Tous les spécialistes s'entendent pour dire que les pesticides sont des produits toxiques dont un mauvais usage peut engendrer diverses perturbations dans l'environnement. Les ventes totales de pesticides, dont 68 pour cent d'herbicides, au

Québec ont augmenté de 7.5 pour cent entre 1978 et 1982 et la dose totale de matière active est passée de 0,6 à 0,97 kg/ha.

Les terres possédant un bon potentiel agricole couvraient une superficie de 2 360 000 ha selon les statistiques de 1982. De ce total, 1 756 000 ha étaient en culture et la superficie où des pesticides ont été pulvérisés était de l'ordre 430 000 ha (28). Environ 1 620 000 kg ont été pulvérisés dans la même période.

Les pertes totales de pesticides sont difficilement quantifiables cependant une enquête (8) a révélé qu'elles pourraient être importantes. Les pertes par ruissellement seulement seraient de 2 pour cent à 15 pour cent pour les poudres, de 1 pour cent pour les pesticides insolubles en émulsion et de 0,4 à 1,2 pour cent de la quantité appliquée pour les pesticides solubles, tout cela dépendant des conditions météorologiques au moment des applications. Ces pertes peuvent se traduire par une contamination de la nappe souterraine dans les secteurs à vulnérabilité élevée (58).

Le profil du pesticide dangereux est le suivant: faible volatilité, grande solubilité, faible tendance à s'adsorber sur le sol, faible photooxydation, hydrolyse abiotique et biodégradation lentes et molécules neutres ou chargées négativement au pH ambiant (45). Le milieu potentiellement susceptible de laisser infiltrer le pesticide vers la nappe possède les caractéristiques suivantes: faible teneur en matière organique, faible teneur en argile, forte perméabilité, faible profondeur de la nappe phréatique et faible capacité de ruissellement (45).

3.2.1.1 Cas de l'aldicarbe

Une étude en cours depuis 1984 au MENVIQ portant sur l'aldicarbe (Temik) pesticide associé à la culture de la pomme de terre, a révélé la présence de cet insecticide dans 37 pour cent des échantillons d'eau souterraine analysés (30). Environ 20 pour cent (5000 ha) de la superficie des terres cultivées pour la pomme de terre au Québec étaient traitées par cet insecticide en 1985 au taux moyen de 20 kg/ha.

Le Temik est utilisé sur des terrains sablonneux (propices à la culture de la pomme de terre) donc vulnérables et les risques de contamination de la nappe souterraine sont élevés et ce, même si l'usage ne peut se faire 2 années consécutives sur un même terrain.

Une loi sanctionnée le 18 juin 1987 contrôle l'usage des pesticides sur tout le territoire du Québec. Une directive gouvernementale contrôle l'usage particulier du Temik en l'interdisant aux endroits où les risques de contamination de la nappe souterraine sont élevés et où les risques pour la santé publique sont importants.

3.2.2 L'usage des engrais, fumiers, lisiers (14, 21, 27, 29)

Nous avons déjà mentionné l'usage des boues de station d'épuration comme engrais. L'utilisation des fumiers et des lisiers est également un problème d'envergure puisqu'au Québec, 32 000 000 m^3 de fumier par an doivent être manutentionnés ce qui représente environ 5 300 000 T de matières sèches/an.

Le problème vient de la diminution du nombre de fermes et des superficies en culture associée à une augmentation de la productivité due aux pratiques agricoles modernes. Chaque producteur doit éliminer un volume de plus en plus grand de déjections animales. L'élevage du porc est un exemple frappant. Les changements majeurs apportés à cette industrie: spécialisation, manutention de déjections liquides (lisiers), mode d'utilisation des déjections et concentration des élevages ont multiplié par un facteur de 10 à 100 fois le volume des déjections à éliminer (22 m^3/an en 1951 à 700 m^3/an aujourd'hui). Dans ce contexte, certains producteurs font face annuellement à un surplus de lisier à recycler et à l'absence de techniques alternatives d'élimination autre que l'épandage associé à des coûts de transport élevés. Certains ont recours à des épandages abusifs au printemps et à l'automne au détriment de l'environnement. Les surplus non utilisés par les plantes aboutissent vers la rivière la plus proche ou dans la nappe phréatique. Pour les bassins des rivières L'Assomption, Chaudière et Yamaska, les surplus de lisier étaient respectivement de 486 000 T, 570 000 T et 344 000 T/an, en 1985 (27).

Les pratiques d'élevage intensif occasionnent des modifications importantes de la qualité des eaux de surface ou souterraine: augmentation des nitrates de l'azote ammoniacal, des phosphates, et des organismes coliformes, augmentation de la DBO, accélération du processus de biodégradation, épuisement de l'oxygène dissous et apports importants de nutrients (azote, phosphore et potassium) dans l'eau souterraine, malgré le pouvoir auto-épurateur du sol riche en humus, en particulier si le fumier est épandu sur le sol gelé ou enneigé.

Une étude menée par le DSC de Rivière-du Loup en collaboration avec le MENVIQ dans la région de Saint-Arsène, a révélé une teneur élevée en nitrates dans l'eau souterraine captée par des puits de particuliers; plusieurs échantillons dépassent la norme de 10 mg/l. On attribue ce phénomène à l'usage intensif d'engrais et les puits les plus affectés sont ceux de faible profondeur, souvent mal aménagés et qui captent la nappe phréatique (34).

Des études réalisées à l'échelle de bassins hydrographiques par le MENVIQ présentent des cartes de zonalité chimique, en particulier pour les nitrates dans les basses-terres du Saint-Laurent entre Québec et Montréal. La partie aval du

bassin de la rivière Saint-François est représentative de cette région; on y retrouve de grandes superficies où les nitrates analysés dans l'eau de puits privés dépassent la norme de 10 mg/l (38).

3.3 Déversements accidentels et fuites de réservoirs enfouis

3.3.1 Statistiques et généralités

À chaque année, le Service Urgence-Environnement traite au-delà de 1000 cas d'accidents technologiques qui, pour une grande part, sont reliés à des déversements ou à des fuites de réservoirs enfouis (4). Dans le cas des hydrocarbures, le transport par train ou camion donne lieu à des déversements accidentels dont les conséquences environnementales varient selon l'ampleur du déversement et son milieu. De 1980 à 1986, le transport terrestre a été la cause de 371 déversements sur le sol. La Direction régionale de l'Estrie (MENVIQ) rapporte par exemple pour l'année 1988, 30 cas de déversements dont 20 concernent les hydrocarbures. Des statistiques sont disponibles dans d'autres Directions régionales du MENVIQ.

Les fuites de réservoirs enfouis sont une cause très fréquente de contamination de la nappe souterraine. On évalue à quelque 24 000 les réservoirs enfouis de type commerciaux et ce chiffre pourrait atteindre 48 000 en incluant les particuliers qui consomment directement le produit pétrolier. Les statistiques sont encore imprécises, cependant un pourcentage important de ces réservoirs pourraient avoir atteint un âge qui les rend susceptibles d'avoir des fuites (communication verbale).

Avec la promulgation récente de la loi 93 sur les produits pétroliers (54, 55) et la réglementation prévue pour juin 1989, il sera possible d'évaluer avec plus de précision l'ampleur du problème puisque les propriétaires des réservoirs commerciaux seront tenus de fournir des renseignements sur leur installation. La réglementation établira également des normes d'aménagement des nouveaux réservoirs selon la vulnérabilité des terrains où le réservoir sera enfoui. Les régions les plus vulnérables sont évidemment celles où affleurent des dépôts granulaires ou une roche en place triturée et fracturée avec une nappe phréatique peu profonde, en particulier dans l'aire de réalimentation naturelle de l'aquifère. La gravité du problème est fonction de la présence de captage pour l'eau potable dont le champ d'influence s'étend jusqu'au réservoir enfoui.

3.3.2 Cas des Mines Gaspé (63)

En juin 1982, le bris d'une valve de drainage occasionnait le déversement accidentel de plus de 2000 m^3 d'acide sulfurique aux installations des Mines Gaspé à Murdochville, à la tête de la rivière York, une des bonnes rivières à saumon du Québec.

Après s'être infiltré dans le till remanié et le roc fissuré très perméable, l'acide a formé une enclave de contamination de 30 m x 150 m x 15 m.

Une étude hydrogéologique a permis de déterminer la piézométrie fine du secteur et de noter des modifications à la qualité de l'eau souterraine et de surface à l'aide de nombreux points d'échantillonnage (dont huit (8) piézomètres implantés à des points stratégiques).

En plus d'abaisser considérablement le pH de l'eau souterraine et de surface, l'acide a dissous une partie de la roche et autres matériaux sur son passage occasionnant une augmentation de la perméabilité de la roche en place et une augmentation des teneurs en sels dissous (dureté, sulfates, totaux dissous) et des métaux lourds (cuivre, manganèse, nickel, plomb et zinc).

Les mesures proposées pour la restauration de la nappe souterraine et la protection de la rivière York comprenaient l'application de 155 m^3 de soude caustique au lieu du déversement, l'aménagement de digues et de tranchées en aval et la neutralisation de l'eau de la rivière par de la pierre à chaux concassée. Les conséquences écologiques auront été que le saumon a évité une partie de la rivière York pour un certain temps et la mortalité de nombreux tacons sur une portion de la rivière.

3.3.3 Cas de Saint-Eustache (42)

Un réservoir fissuré a été la cause d'un déversement important d'essence à Saint-Eustache, à quelques kilomètres au nord-ouest de Montréal, au cours de l'année 1977. Les premiers indices de présence d'essence dans le sol furent perçus en décembre 1977 et des recherches par les services gouvernementaux impliqués ont permis de récupérer 28 m^3 dans une excavation en contact avec le socle rocheux.

À la mi-avril 1978, le rehaussement de la nappe souterraine favorisa l'infiltration de l'essence dans le réseau d'égout municipal, provoquant 2 explosions qui obligèrent les autorités à décréter l'état d'urgence et à évacuer 2000 personnes résidant dans le secteur.

Les mesures d'intervention ont permis de vérifier l'étanchéité des réservoirs du secteur et de recommander l'enlèvement des réservoirs abandonnés.

Vingt sept (27) m^3 supplémentaires d'essence ont pu être récupérés à l'aide de tranchées et d'un puits de pompage reliés à une chambre de séparation. On a pu évaluer que les quelque 55 m^3 d'essence récupérés ne représentaient qu'une partie de l'essence perdue, c'est pourquoi un réseau de 200 puits d'observation fut maintenu pour suivre l'évolution de l'enclave de contamination à l'interface roc altéré et fracturé.

3.3.4 Cas de Haldimand (64)

En novembre 1987, la Direction régionale du MENVIQ à Rimouski était avisée d'un déversement d'essence à Haldimand, près de Gaspé. En fait, plusieurs petits incidents se seraient produits occasionnant des pertes d'essence dont la cause principale serait le mauvais état de l'équipement et des conduites.

Il n'a pas été possible d'évaluer quantitativement le déversement, cependant l'essence aurait traversé 2 à 3 m de dépôt sablo-graveleux de surface avant de s'infiltrer dans un grès verdâtre très fracturé. Environ 12 puits de maisons privés ont été contaminés dont 6 présentaient une concentration supérieure à 0,5 ppb, le maximum mesuré étant de 10 ppb.

Les puits contaminés étant terminés à une profondeur d'environ 24 m dans la roche en place, 5 puits de récupération ont été aménagés à ce niveau. En avril 1989 un seul des puits de récupération était toujours en opération.

3.4 Problèmes d'origine naturelle

3.4.1 Les métaux lourds (59)

Le Groupe d'étude et de restauration des lieux d'élimination de déchets dangereux (GERLED) a identifié en 1983 un secteur à St-Nicéphore, près de Drummondville, où les puits de particuliers débitent une eau à forte teneur d'arsénic (0,050 mg/l). Un total de 154 échantillons ont été prélevés dans cette région pour vérifier si la contamination provenait d'un ancien dépotoir. L'étendue de la zone à forte teneur d'arsénic a permis de conclure à un phénomène naturel, conclusion qui a pu être confirmée par les études géochimiques menées dans cette région par le ministère de l'Energie et Ressources (MER) dans un but de prospection minière.

Le cas de St-Nicéphore a incité la Direction des eaux souterraines et de consommation (DESC) du MENVIQ a utiliser l'atlas géochimique du MER pour vérifier la qualité de l'eau potable dans d'autres régions du Québec. L'étude n'est pas encore

complétée, cependant des résultats préliminaires démontrent que pour de nombreuses régions du Québec, la concentration de métaux lourds dans l'eau potable excède la norme du réglement sur l'eau potable ou de la directive 001 du MENVIQ, en particulier pour le plomb, le cadmium, l'uranium, l'arsénic, le baryum et les fluorures.

3.4.2 L'eau salée

Pour les aquifères côtiers (Gaspésie, Côte nord, Iles-de- la-Madeleine, Ile d'Anticosti, le danger d'intrusion d'eau salée est toujours présent quand la nappe souterraine est rabattue par pompage sous le niveau de la mer. Ce danger est particulièrement présent quand les débits pompés sont importants comme dans le cas d'exploitations piscicoles ou municipales. Quelques industries de transformation des produits de la pêche (Ex. Madelipêche) exploitent des puits d'eau salée utilisée comme véhicule du poisson d'un point à l'autre de l'usine ou comme milieu propice à la conservation du poisson et crustacés dans des viviers.

Le cas des Iles-de-la-Madeleine est décrit de façon plus détaillée au chapitre 3.5.2

D'autres régions du Québec ont été identifiées (Lac Saint-Jean, basses-terres du Saint-Laurent) où les puits profonds, qui captent un aquifère sous jacent à de fortes épaisseurs d'argile, débitent une eau saline impropre à la consommation (66, 20).

3.5 Description de régions spécifiques

3.5.1 Le delta du St-Maurice: un aquifère vulnérable (32)

La grande région du delta du Saint-Maurice couvre un territoire de quelque 250 km^2 englobant les municipalités de Trois-Rivières, Cap-de-la-Madeleine, Pointe-du-Lac, Saint Etienne-des Grès, Sainte-Marthe, Saint-Louis-de-France et Trois-Rivières-Ouest. La mise en place des sables fins à moyens deltaïques a été influencée par le till morainique sous jacent de même que par l'invasion de la mer de Champlain. L'épaisseur moyenne des sables exploitables pour l'eau souterraine est de l'ordre de 25 m et les transmissivités varient de 600 à 3000 m^2/j. Sur les 7 municipalités mentionnées plus haut, seule Trois-Rivières n'est pas alimentée par eau souterraine et les prélèvements dans la nappe se chiffrent à quelque 32 000 000 m^3/an.

L'aquifère est de type nappe libre et par conséquent très vulnérable à la

contamination par les activités urbaines qui s'y pratiquent: déversements accidentels, réservoirs enfouis, sels déglaçants. Dans le cas de Cap-de-la-Madeleine, la profondeur de la nappe phréatique offre une certaine protection en allouant un temps d'intervention suffisant pour contrôler les contaminants, pourvu que le déversement soit connu rapidement. Aucun cas majeur de contamination n'a heureusement eu lieu à ce jour. A Trois-Rivières-Ouest une étude synthèse a permis d'effectuer un bilan hydrique et de prévoir des mesures de protection et un scénario d'intervention advenant un accident technologique (32).

3.5.2 Les grès rouges des Iles-de-la-Madeleine: source unique d'approvisionnement en eau (44)

Les Iles-de-la-Madeleine forment un archipel de 7 îles dans le golfe Saint-Laurent. Ces îles sont reliées entre elles par des flèches de sable et couvrent quelque 520 km^2 (65 km x 8 km).

Entourées d'eau salée et ne disposant que d'une faible quantité d'eau de surface généralement polluée, les Iles-de-la-Madeleine n'ont pour s'alimenter en eau potable que les eaux souterraines. Ces dernières sont d'excellente qualité mais en quantité limitée. Les dangers d'infiltration d'eaux usées polluées et surtout d'intrusion d'eau salée sont omniprésents en particulier dans les secteurs à fort pompage comme à Cap-aux-Meules. Depuis 1966, de nombreuses études ont été réalisées aux Iles-de-la-Madeleine pour évaluer le potentiel de l'aquifère et les dangers de l'invasion d'eau salée et présenter un plan de gestion des eaux souterraines.

L'unité géologique la plus propice au captage de l'eau souterraine et en même temps la plus vulnérable est le grès rouge de la formation de Cap-aux-Meules. Quoique d'excellente qualité, l'eau peut être légèrement dure et ferrugineuse par endroit. L'eau salée sous-jacente a une teneur de 18 000 mg/l de chlorures.

L'interface eau-douce eau salée est près de la surface le long de la côte et peut dépasser 370 m de profondeur au centre de certaines îles. Dans le secteur de Cap-aux-Meules, le suivi en continu de l'interface se fait automatiquement et l'état de la situation est accessible via le réseau téléphonique. L'absence de revêtement imperméable sur une grande partie de la superficie des îles permet à environ 30 pour cent des 900 mm d'eau de précipitation de s'infiltrer pour atteindre la nappe souterraine ce qui représente une réalimentation annuelle moyenne pour l'ensemble des îles de 26,18 milliards de litres.

Le débit optimal exploitable aux Iles-de-la-Madeleine est de 233 l/s et le meilleur scénario de captage serait l'exploitation de 58 puits opérant à des débits variant de 1,14 l/s à 19 l/s. Dans son rapport de 1979, M. Sylvestre fait les

recommandations suivantes:

1. Maintenir les alimentations individuelles sauf dans les zones à forte densité de population;
2. Comptabiliser les prélèvements et prévoir une tarification;
3. Respecter les périmètres de protection autour des puits municipaux et les distances minimales requises entre les puits et les fosses septiques. Prévoir des systèmes d'égout communautaire dans les villages et autour des puits à fort débit.
4. Encourager l'économie d'eau douce et l'utilisation d'eau salée dans les procédés industriels.

3.5.3 Les eskers de l'Abitibi: une ressource à protéger (15)

Les eskers de l'Abitibi sont des vestiges remarquables de l'ère des glaciations. Il s'agit d'accumulation de sables et de graviers très perméables mis en place sous le glacier en retrait dans les parties basses du socle rocheux. Ils constituent des chaînes de basses collines (320 à 400 m) au tracé irrégulier et montrant des ramifications ici et là. Sous la cote de 320 m, une formation d'argile recouvre les flancs des eskers.

Les aquifères d'eskers sont une source importante d'approvisionnement en eau dans cette partie du Québec. Une étude réalisée par le MAPAQ dans le cadre d'une recherche en eau pour des fins piscicoles a permis d'identifier quelque 50 sources dont certaines peuvent débiter par gravité jusqu'à 14 000 m^3/j. Quatorze sites qui présentaient des avantages particuliers ont permis de mesurer des débits de 107 m^3/h à 588 m^3/h. L'eau est d'excellente qualité selon les normes du réglement du MENVIQ sur l'eau potable avec une température de 5° C à 6° C au point d'émergence des sources.

Déjà l'eau des eskers est utilisée à 7 endroits pour des exploitations de pisciculture. Les villes de Val-D'Or (24 000 population) et d'Amos (11 000 population) y ont aménagé des puits à drains rayonnants et les débits disponibles dépassent les 23 000 m^3/j (65).

Les eskers de l'Abitibi sont également utilisés à d'autres fins que le captage d'eau souterraine: sablières, gravières, aires d'élimination de déchets solides, élimination d'eaux usées.

Les eskers de l'Abitibi constituent un aquifère de première importance et une ressource qu'il est impératif de protéger.

Références bibliographiques

1) ANONYME, 1989. Répertoire environnemental, MENVIQ, Direction des communications et de l'éducation.

2) ANONYME, 1988. Code de recommandations techniques pour la protection de l'environnement applicable aux systèmes souterrains de stockage de produits pétroliers. Groupe national d'étude sur les réservoirs souterrains non étanches. Conseil canadien des ministres des Ressources et de l'Environnement.

3) ANONYME, 1988. Guide technique des mesures de contrôle à effectuer lors des travaux d'excavation de sols contaminés MENVIQ, Direction des substances dangereuses, QEN/SD-3.

4) ANONYME, 1988. L'environnement au Québec - Un premier bilan - Document technique. MENVIQ, Envirodoq 880090.

5) ANONYME, 1988. Inventaire des lieux d'élimination de déchets dangereux au Québec (Document synthèse). MENVIQ, Direction des substances dangereuses.

6) ANONYME, 1988. Politique de réhabilitation des terrains contaminés. MENVIQ, Direction des substances dangereuses.

7) ANONYME, 1988. Pest Control Canada - A Reference Manual. PACS, Burlington, Ontario.

8) ANONYME, 1987. Agriculture et environnement. MENVIQ, Directionde l'assainissement agricole.

9) ANONYME, 1987. GERLED - Eau potable, Synthèse du suivi environnemental. MENVIQ, Direction des substances dangereuses.

10) ANONYME, 1985. Inventaire et caractérisation des lieux d'élimination des déchets dangereux. Document synthèse. MENVIQ, Direction des substances dangereuses.

11) ANONYME, 1986. Ground Water Contamination in Canada: Selected Cases, Potential Sources and Protection Strategy. Beak Consultants Ltd.

12) BILODEAU, C., 1985. Annuaire de puits et forages. MENVIQ, DESC, rapport HGP-10

13) BLOCK, S.A., et al., 1984. L'épandage des eaux usées traitées et des boues d'usine d'épuration d'origine urbaine. Environnement Canada, Guide SPE6-EP-84-1

14) BOUCHARD, S. et al., 1987. La problématique de la gestion environnementale du lisier de porc. MENVIQ, Direction de l'assainissement agricole.

15) CHAMPAGNE, R. 1988. Evaluation du potentiel aquicole de la région de l'Abitibi à partir des sources d'eau gravitaire émergeant des eskers. MAPAQ

16) CHERRY, J.A., et al., 1988. Ground water in Canada: Overview of activities and Issues and recommandations for a National Research Strategy. The Science Council of Canada.

17) COHEN, S.Z., et al., 1974. Potential Pesticide Contamination of Groundwater from Agricultural Uses. ACS Symposium Series, no.259: 297-325.

18) COHEN, S.Z. et al. 1984. Potential Pesticide Contamination of Groundwater from Agricultural

19) DALLAIRE, M., et al., 1987. Evaluation de la gestion des déchets de pesticides par les agriculteurs de la région de Saint-Hyacinthe. Environnement Canada, non publié.

20) DESSUREAULT, R., 1975. Hydrogéologie de la région Est du lac St-Jean. MENVIQ, DESC. rapport no. HG7

21) EMOND, C., 1988. Fumier et lisier, une richesse. MENVIQ, Direction de l'assainissement agricole.

22) FITZGERALD, C., 1987. PCB Contamination of a Private Water Supply. W.W.J. May 1987

23) FLYNN, F., et R. ROBERT, 1988. Enfouissement des boues de stations d'épuration d'eaux usées municipales. MENVIQ, Direction de récupération et recyclage.

24) FLYNN, F., et al., 1987. Valorisation des boues de stations d'épuration des eaux usées municipales. Guide de bonnes pratiques. MENVIQ, Direction de récupération et recyclage.

25) GELINAS, P., LOCAT J. 1988. Effets des sels déglaçants sur l'aquifère de Trois-Rivières-Ouest.

26) GODDARD, F., 1989. Résultats d'enquête auprès de l'industrie minière de l'Abitibi Témiscamingue relative aux moyens mis en oeuvre pour gérer efficacement les déchets miniers. AQAT.

27) GANGBAZO, G., et F. BUTEAU, 1985. Analyse de la gestion des fumiers dans le

bassin versant de la rivière Chaudière. État de la situation et éléments de solution. MENVIQ, Direction de l'assainissement agricole.

28) GODON, D., P. LAJOIE ET D. NADEAU, 1987. Atlas de l'utilisation des pesticides en agriculture au Québec en 1978, 1981 et 1982. DSC, Centre hospitalier de l'Université Laval (CHUL). Service santé et environnement.

29) GOSSELIN, Y., et P. VALLEE, 1985. Le traitement et la valorisation du lisier de porc dans l'assainissement deseaux. Conférence présentée à l'ordre des agronomes, section Québec.

30) GOULET, S., 1987. Evaluation des conséquences de l'utilisation de l'aldicarbe (TEMIK). Campagne 1986. MENVIQ, Direction des eaux souterraines et de consommation (DESC), rapport No.1330.

31) GRENIER, C. et SYLVESTRE, M., 1987. L'eau souterraine, une ressource à exploiter. MENVIQ, DESC

32) GRENIER, C. 1989. Inventaire du potentiel en eau souterraine du dépôt deltaïque à l'ouest de la rivière Saint-Maurice pour fins d'approvisionnement en eau potablede la ville de Trois-Rivières-Ouest. Les Consultants H.G.E. Inc.

33) KANWAR, R.S., JOHNSON H.P. et BAKER F.L., 1983. Comparison of Simulated and Measured Nitrate Losses in Tile Effluent. Journal of the IOWA Agriculture and Home Economics Experimental Station. Paper No. 10915, Ames project No. 2445.

34) LAFERRIERE, M., 1987. Etude de la qualité des eaux de la région de Saint-Arsène, Québec. DSC de Rivière-du-Loup, Québec.

35) LARUE, M., 1987. Synthèse des actions entreprises dans le dossier des pompes submersibles pouvant contenir des BPC. Note de Service, MENVIQ

36) MARTEL, R., 1986. Thèse de maîtrise sur l'effet des sels déglaçants à Trois-Rivières. U.L. Dpt. Géologie.

37) MARTEL, R., 1988. Groundwater contamination by organic compounds in Ville Mercier: new developments. Nato/ccms Pilot Study of Remedial action and technologies for Contaminated Land and Groundwater. Bilthoven, The Netherlands.

38) McCORMACK, R., 1979. Etude hydrogéologique du bassin versant de la rivière Saint-François. MENVIQ, DESC, rapport no. E.A.-16

39) RADEMACER, J.M., et A.V. RESNIK, 1969. Feedlot Pollution Control. A Profile for Action. Animal Waste Management. Cornell Univ. Conf. on Livestock Waste Mngt. Syracuse, N.Y.: 193-202.

40) ST-YVES, A., et BEAULIEU R., 1988. Caractérisation des boues de 34 stations d'épuration des eaux usées municipales. MENVIQ, Direction de l'assainissement agricole.

41) SIMARD, G., et DESROSIERS, R. 1980. Qualité des eaux souterraines du Québec. MENVIQ, Direction des eaux souterraines et de consommation.

42) SIMARD, G., 1978. Cas types d'hydrologie dans la région de Montréal, MENVIQ Direction récupération et recyclage.

43) SIWIK, R., et PRAIRIE, R., 1987. The Reactive Tailings Program and Hydrogeochemical Study at the Waite Amulet Tailings Site, Noranda, Québec. Presended at APCA/Québec, 15e Congrès annuel, Montréal, (Qc).

44) SYLVESTRE, M., 1979. Carte hydrogéologique des Iles-de-la-Madeleine. MENVIQ, DESC.

45) VILLENEUVE, J.P. et al., 1985. Problématique de la contamination des eaux souterraines au Québec par les pesticides. INRS-Eau, RD-85-09.

46) WEBBER, M.D., 1984. Epandage des boues d'épuration sur les terres agricoles - Une évaluation. Comité d'experts sur la gestion des sols et de l'eau, Direction générale de la recherche. Agriculture Canada. Service de la protection de l'Environnement Canada.

Autres documents de référence

47) Loi sur l'utilisation des produits pétroliers.
Projet de loi 93, 1987, chapitre 80.

48) Liste de cartes de zonalité chimique publiées par le MENVIQ

49) Extraits d'un rapport sur l'hydrogéologie de la région de Saint-Césaire (Rouville) par R. McCormak du MENVIQ.

50) Extraits de la banque de données de la qualité du milieu aquatique (BQMA) MENVIQ

51) Stations anomaliques de la BQMA, MENVIQ

52) Liste (1989) des lieux d'enfouissement sanitaire titulaires de certificat, catégorie corporations municipales, MENVIQ, Direction récupération et recyclage.

53) Liste (1988) des lieux autorisés pour le traitement et l'élimination des déchets solides. MENVIQ, Direction récupération et recyclage.

54) Loi sur les pesticides
Projet de loi 27, 1987, chapitre 29

55) Loi sur les pesticides
Décret 874-88, 8 juin 1988

56) Directive applicable à l'usage de l'aldicarbe dans la culture de la pomme de terre. MENVIQ, Direction des pesticides.

57) Liste de rapports de caractérisation ayant fait l'objet d'une étude hydrogéologique dans le cadre des programmes Gerled-Gersol. MENVIQ, Direction substances dangereuses.

58) Cartes de vulnérabilité des nappes souterraines à la contamination:

Bassin de la Yamaska	1: 250 000	(1985)
MRC Francheville	1: 20 000	(1987)
Îles-de-la-Madeleine	1: 100 000	(1987)
MRC Robert Cliche	1: 50 000	(1985)
MRC La Jacques-Cartier	1: 50 000	(1986)
MRC Joliette	1: 50 000	(1986)
MRC de la Nouvelle-Beauce	1: 50 000	(1987)

MRC de l'Assomption	1: 50 000	(1986)
Région de Granby	1: 20 000	(1985)
Région sud de Montréal	1: 250 000	(1985)
Région de Lévis-Cabano	1: 250 000	(1986)
Région nord de Montréal	1: 250 000	(1985)
Bassin de la Chaudière	1: 250 000	(1985)
Région de Rivière-du-Loup Trois-Pistoles	1: 100 000	(1985)
Archipel de Montréal	1: 50 000	(1986)
Bassin de la St-François	1: 250 000	(1985)
Rive sud de Québec et bassins de la Nicolet et de la Bécancour	1: 250 000	(1985)
Région de l'Outaouais	1: 250 000	(1987)
Région de la Côte Nord	1: 250 000	(1987)
Région de la Gaspésie	1: 250 000	(1987)
Région du Saguenay - Lac St-Jean	1: 125 000	(1985)
Région de l'Abitibi	1: 150 000	(1986)
Rive Nord du St-Laurent	1: 250 000	(1985)
Région ouest de Montréal	1: 100 000	(1985)

59) Atlas géochimiques du ministère de l'Énergie et des Ressources (MER).

60) Règlement concernant les eaux souterraines. Arrêté en Conseil no. 974 (13 avril 1967)

61) Répertoire des directives environnementales. Directive 001 chapitre 5.7.3., MENVIQ

62) Règlement sur l'eau potable. Décret 1158-84, G.0.2, p. 2123

63) Dossier Mines Gaspé, MENVIQ, DESC.

64) Dossier Haldimand, MENVIQ, DESC.

65) Dossier Val D'Or, HGE inc.

66) Carte hydrogéologique des basses terres du Saint-Laurent MENVIQ, Prévot, 1972, Carte no. 1748

Liste des personnes rencontrées

Bergeron, Luc:	Ministère des Transports du Québec (MTQ). Direction de l'Entretien, Service de la Conservation des chaussées.
Bilodeau, Colin:	Ministère de l'Environnement (MENVIQ) Direction récupération et recyclage
Drouin, Ruth:	MENVIQ, Direction des substances dangereuses
Duquette, Richard:	MENVIQ, Direction des opérations
Flynn, Francis:	MENVIQ, Direction de l'assainissement urbain
Goulet, Serge:	MENVIQ, Direction des substances dangereuses
Lavigne, Pierre:	Ministère de l'Agriculture, Pêcheries et Alimentation, Direction du développement technologique des productions, Service des productions végétales.
Lévesque, Rémy:	MENVIQ, Direction substances dangereuses
Martel, Richard:	MENVIQ, Direction des eaux souterraines et de consommation
Mc Cormack, Renald:	MENVIQ, Direction des eaux souterraines et de consommation
St-Yves, Angèle:	MENVIQ, Direction de l'assainissement agricole
Tremblay, Edmond:	Institut national de recherche scientifique INRS-EAU
Dansereau, P.-Paul:	MENVIQ, Direction des pesticides

Liste des personnes contactées par téléphone

Bergeron, Robert:	MENVIQ, Urgence environnement
Bernier, Lise:	Environnement Canada, Direction des eaux intérieures
Bérubé, Brigitte:	MENVIQ, Direction régionale de Montréal,
Bertrand, Jean-François:	MAPAQ, Direction du développement technologique des productions, Service des productions végétales
Côté, Denis:	MAPAQ, Direction de la recherche agro-alimentaire, Service des recherches en sols
Côté, Paul:	MAPAQ, Direction régionale de l'Estrie
DeCourval, Noel:	MENVIQ, Direction régionale du Bas St-Laurent, Gaspésie et Iles-de-la-Madeleine
Drolet, André:	Ministère des Transports du Québec (MTQ), Direction des sols et matériaux
Drolet, Clément:	MENVIQ, Direction régionale du Bas St-Laurent, Gaspésie, Iles-de-la-Madeleine
Dufour, Gaston:	MTQ, Service des réclamations et dommages
Fauchon, Maurice:	MAPAQ, Direction des services administratifs et techniques, Service de protection de l'environnement agricole
Gilbert, Pierre:	MENVIQ, Direction régionale Saguenay -Lac St-Jean
Magnan, Gaston:	MTQ, Direction de l'entretien
Mathieu, Pierre:	MENVIQ, Direction de l'assainissement industriel
Ouellet, Raynald:	MENVIQ, Direction de l'assainissement industriel
Pednault, Marc:	MENVIQ, Direction de l'assainissement industriel
Pelletier, André:	Environnement Canada, Centre St-Laurent

Perron, Francine:	Environnement Canada
Roberge, Michaud:	MAPAQ, Service de la conservation des ressources agricoles
St-Charles, Claude:	Environnement Canada, Division des évaluations environnementales
Triquet, Claude:	Environnement Canada, Direction des eaux intérieures